

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. April 2004 (15.04.2004)

PCT

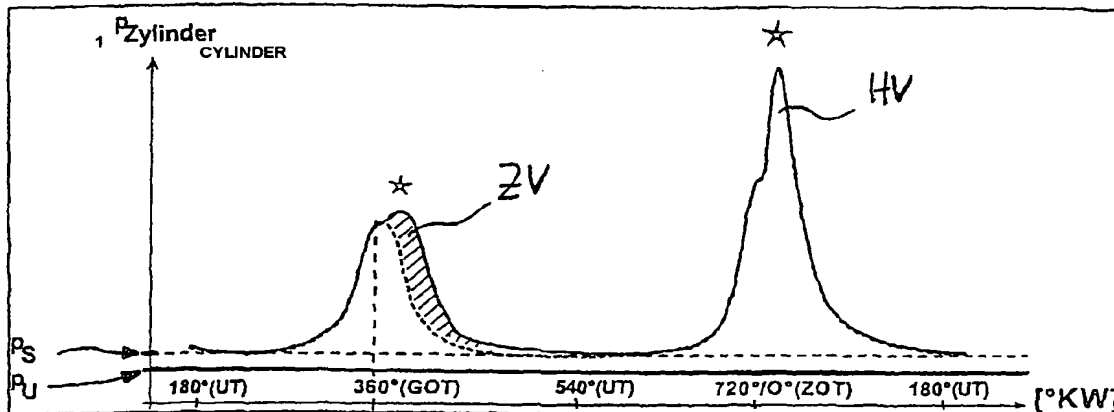
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/031559 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: F02D 41/00, 13/02, 41/40
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): JURETZKA, Andreas [DE/DE]; Pfarrstrasse 28/1, 70734 Fellbach (DE). SCHÄFLEIN, Jochen [DE/DE]; Ötztalerstrasse 4, 70327 Stuttgart (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/010660
- (22) Internationales Anmeldedatum:
25. September 2003 (25.09.2003)
- (74) Anwälte: KREISER, André usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, IMP - C106, 70546 Stuttgart (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
- (30) Angaben zur Priorität:
102 45 790.5 1. Oktober 2002 (01.10.2002) DE
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): DAIMLERCHRYSLER AG [DE/DE]; Epplestrasse 225, 70567 Stuttgart (DE).
- Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SELF-IGNITING INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: BRENNKRAFTMASCHINE MIT SELBSTZÜNDUNG



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a boosted internal combustion engine comprising direct fuel injection, according to which a main quantity of combustion air and a main quantity of fuel with which a main mixture is formed, are fed to a combustion chamber, the formed main mixture being ignited in an area of a top ignition dead center. An additional quantity of combustion air and an additional quantity of fuel are introduced into the combustion chamber once the main mixture has been burned such that a fuel/exhaust gas/air mixture is formed, which is reacted in an area of a top gas exchange dead center of the piston.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer aufgeladenen Brennkraftmaschine mit Kraftstoff-direkteinspritzung, bei dem einem Brennraum eine Hauptverbrennungsluftmenge und eine Hauptkraftstoffmenge zugeführt werden, mit denen ein Hauptgemisch gebildet wird, wobei das gebildete Hauptgemisch in einem Bereich eines oberen Zünd-Totpunkts gezündet wird. Nach der Verbrennung des Hauptgemischs werden eine zusätzliche Verbrennungsluftmenge und eine zusätzliche Kraftstoffmenge in den Brennraum derart eingebracht, dass ein KraftstoffAbgas/Luft-Gemisch gebildet wird, welches in einem Bereich eines oberen Gaswechsel-Totpunkts des Kolbens umgesetzt wird.

BEST AVAILABLE COPY

WO 2004/031559 A1

WO 2004/031559 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Brennkraftmaschine mit Selbstzündung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer aufgeladenen Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, insbesondere eine selbstzündende Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung.

Bei Brennkraftmaschinen mit Selbstzündung werden oftmals homogene magere Kraftstoff/Luft-Gemische zur Selbstzündung gebracht, so dass hohe Wirkungsgrade und verbesserte Abgasemissionen erzielt werden. Eine bestimmte Abgasmenge wird im Brennraum zurückgehalten, um die Gemischtemperatur am Ende einer Kompressionsphase der Brennkraftmaschine zu beeinflussen. Im unteren Last- und Drehzahlbereich kommt es zu einer Abnahme des Temperaturniveaus im Brennraum, wodurch eine Regelung der Gemischtemperatur aufgrund der geringen umgesetzten Kraftstoffmassen nicht gewährleistet ist. Um den Energieverlust durch sinkende Abgastemperaturen auszugleichen, kann unter anderem die Abgasrückhaltungsrate erhöht werden.

Ab einem bestimmten Abgastemperaturniveau ist es trotz einer hohen Abgasrückhaltungsrate jedoch nicht mehr möglich, eine stabile Verbrennung zu ermöglichen. Grund hierfür ist, dass das zurückgehaltene Abgas im wesentlichen reaktionsträge ist und es dadurch zu einer Verschleppung der Verbrennung kommt. Dies führt zu erhöhten Abgasemissionen, welche den Wirkungsgrad der Verbrennung verringern und ebenfalls zu hohen Mitteldruckschwankungen der Brennkraftmaschine führen.

Aus der Patentschrift DE 198 10 935 C2 ist ein Verfahren zum Betrieb einer nach dem Vier-Takt-Prinzip arbeitenden Brennkraftmaschine bekannt, bei dem ein homogenes mageres Grundgemisch aus Luft, Kraftstoff und zurückgehaltenem Abgas gebil-

det wird, welches durch eine Kompressionszündung verbrannt wird. Dabei wird zur Erweiterung des motorischen Betriebsbereiches mit Kompressionszündung eine Aktivierungsphase zwischengeschaltet. Während der Kompression des zurückgehaltenen Abgases wird eine Aktivierungskraftstoffmenge in den Brennraum eingespritzt und mit den restlichen Gemischanteilen im Brennraum möglichst homogen verteilt. Dem Kraftstoff wird eine thermische Energie durch Leistung und Kompression zugeführt, so dass eine chemische Reaktion bzw. eine Zündung im Gaswechsel-Totpunkt eingeleitet wird.

Das oben genannte Verfahren setzt dabei voraus, dass es bei jedem Arbeitsspiel zu einer Verbrennung kommt, bei der genügend Abgase mit einer hohen Temperatur entstehen. Da die Selbstzündung eines homogenen mageren Gemisches sehr stark von den motorischen Parametern und den Umgebungsbedingungen abhängt, können Zündaussetzer auftreten, welche im Extremfall zu einem Ausbleiben der Verbrennung führen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine zu schaffen, bei dem ein zuverlässiger Betrieb mit Selbstzündung gewährleistet wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass nach der Verbrennung des Hauptgemisches eine zusätzliche Verbrennungsluftmenge und eine zusätzliche Kraftstoffmenge in den Brennraum derart eingebracht werden, dass ein Kraftstoff-Abgas/Luft-Gemisch gebildet wird, welches in einem Bereich eines oberen Gaswechsel-Totpunkts des Kolbens umgesetzt wird. Dadurch wird ein Zwischengemisch zur Anhebung der Brennraumtemperatur gebildet, welches vor einem Stattfinden der Hauptverbrennung mittels einer Kompressionszündung und/oder Fremdzündung derart umgesetzt wird, dass eine Hauptgemischtemperaturregelung ermöglicht ist.

In Ausgestaltung der Erfindung wird die zusätzliche Kraftstoffmenge in einem Bereich zwischen dem Ende eines Expansionshubes des Kolbens und einem Endteil eines Ausschiebehubes des Kolbens in den Brennraum eingebracht. Dadurch wird sichergestellt, dass die zusätzliche Kraftstoffmenge rechtzeitig vor dem Gaswechsel-Totpunkt im Brennraum verteilt und verdampft ist.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird die zusätzliche Frischluftmenge in einem Bereich zwischen einem Endteil des Expansionshubes des Kolbens und einem Endteil des Ausschiebehubes des Kolbens dem Brennraum zugeführt. Durch die Einbringung der zusätzlichen Frischluftmenge in den Brennraum wird ein zündfähiges Gemisch gebildet, wobei die zusätzliche Frischluftmenge abhängig von der zusätzlichen Kraftstoffmenge zugeteilt wird. Die Temperatur des Zwischengemisches wird durch die Abgasenergie auf ein bestimmtes Temperaturniveau angehoben, wobei die Temperatur des Gemisches durch die Anteile aus Frischluft und Abgas bestimmt wird.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden während der Einbringung der zusätzlichen Frischluftmenge und/oder der zusätzlichen Kraftstoffmenge mindestens ein Auslassventil und mindestens ein Einlassventil geöffnet. Vorzugsweise wird zuerst das Auslassventil und dann das Einlassventil geöffnet. Durch die Öffnungsreihenfolge wird zuerst ein Teil des Abgases aus dem Brennraum ausgeschoben, so dass die Einbringung einer zusätzlichen Frischluftmenge mittels des aufgebauten Druckes im Saugrohr gewährleistet ist.

Weitere Merkmale und Merkmalskombinationen ergeben sich aus der Beschreibung. Konkrete Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Diagramm eines Zylinderdruckverlaufes einer aufgeladenen Brennkraftmaschine während eines Arbeitsspiels aufgetragen über dem Kurbelwinkel, und

Fig. 2 ein schematisches Diagramm eines Ventilhubes der Brennkraftmaschine aus Fig. 1 während des Betriebs aufgetragen über dem Kurbelwinkel.

Eine beispielhafte Brennkraftmaschine mit Aufladung und Direkteinspritzung umfaßt vorzugsweise vier Zylinder, in denen ein längsverschieblich gehaltener Kolben geführt ist. Die Brennkraftmaschine umfaßt pro Brennraum mindestens ein Einlassventil, mindestens ein Auslassventil, einen Kraftstoffinjektor und eine Zündquelle. Der Brennraum der Brennkraftmaschine wird von einem Zylinderkopf nach oben hin abgeschlossen, wobei der Kolben den Brennraum nach unten hin begrenzt. Die Brennkraftmaschine arbeitet nach dem 4-Takt-Prinzip, wobei sie alternativ nach dem 2-Takt-Prinzip betrieben werden kann.

Die Brennkraftmaschine wird aufgeladen, indem dem Brennraum die zugeführte Verbrennungsluft mit einem höheren Druck P_s als dem Umgebungsdruck P_u zugeführt wird. Die Verbrennungsluft sowie die entstehenden Abgase werden über die Einlass- und Auslassventile der Brennkraftmaschine dem Brennraum zugeführt bzw. aus dem Brennraum ausgeschoben. Die Einlass- und Auslassventile werden von einer Betätigungsvorrichtung geöffnet und geschlossen, wobei ein Steuergerät die Öffnungs- und Schließzeitpunkte der Einlass- und Auslassventile dem gefahrenen Betriebspunkt entsprechend steuert.

Bei einem 4-Takt-Verfahren entspricht ein Takt einem vollen Kolbenhub. In Fig. 1 ist der Verlauf eines Brennraumdruckes während eines Arbeitsspiels einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine dargestellt. Das aus vier Takten bestehende Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine entspricht einem Verbren-

nungszyklus, wobei ein Verbrennungszyklus mit einem ersten Ansaugtakt beginnt, bei dem sich der Kolben in einer Abwärtsbewegung bis zu einem unteren Totpunkt UT bewegt. Beim Ansaugtakt wird dem Brennraum Verbrennungsluft zugeführt, wobei erfindungsgemäß in einem Ausschietakt eines vorherigen Arbeitsspiels eine bestimmte Menge an Abgas im Brennraum zurückgehalten wird.

Während des Ansaugtaktes wird durch die Einbringung von Kraftstoff in den Brennraum ein Hauptgemisch gebildet, welches in einem nachfolgenden Kompressionstakt verdichtet wird. Während des Kompressionstaktes bewegt sich der Kolben in einer Aufwärtsbewegung vom unteren Totpunkt UT bis zu einem oberen Zündtotpunkt ZOT, wobei vorzugsweise beim Hauptgemisch eine Hauptkraftstoffmenge während des Ansaugtaktes in den Brennraum eingebracht wird. Das gebildete Hauptgemisch wird in einem Bereich des oberen Zündtotpunkts ZOT durch die vorliegende Kompression selbstgezündet.

Alternativ kann das Hauptgemisch lastabhängig, beispielsweise im Startbetrieb oder bei hohen Lastbereichen mittels einer Zündquelle fremdgezündet werden. Während der noch laufenden Verbrennung des Hauptgemisches expandiert der Kolben in einer Abwärtsbewegung bis zu einem unteren Totpunkt UT. Im darauf folgenden Ausschietakt fährt der Kolben in einer Aufwärtsbewegung bis zu einem oberen Gaswechsel-Totpunkt GOT und schiebt die Abgase aus dem Brennraum aus. Erfindungsgemäß wird ein Auslassventil während des Ausschietakts geöffnet, so dass die Abgase aus dem Brennraum ausgeschoben werden, wobei durch ein frühzeitiges schließen des Auslassventils eine bestimmte Menge an Abgas im Brennraum zurückgehalten wird. Während des Ausschietakts werden dem Brennraum eine zusätzliche Kraftstoffmenge und eine zusätzliche Verbrennungsluftmenge derart zugeführt, dass ein Zwischengemisch aus Kraftstoff, Abgas und Luft gebildet wird, welches in einem Bereich des oberen Gaswechsel-Totpunkts GOT umgesetzt wird.

Gemäß Fig. 1 findet im Bereich des oberen Gaswechsel-Totpunktes GOT die Umsetzung des Zusatzgemisches statt, so dass durch eine Zusatzverbrennung ZV eine Anhebung der Brennraumtemperatur stattfindet. Dies führt zu einer Anhebung des Brennraumdruckes P_z . Durch die Energieumsetzung im Bereich des oberen Gaswechsel-Totpunktes GOT wird ebenfalls die Temperatur des im Brennraum zurückgehaltenen Abgases insgesamt angehoben, so dass die hohen Wärmeverluste des Abgases an eine Brennraumwandung, insbesondere in unteren Drehzahl- und Lastbereichen kompensiert werden. Für die anschließende Hauptverbrennung HV steht somit ein höheres Energie bzw. Temperaturniveau zur Verfügung, wodurch ein Energieverlust aufgrund der kleineren umgesetzten Kraftstoffmenge bei der Realisierung niedriger Motorlasten kompensiert werden kann. Dadurch wird ein zuverlässiger Betrieb der Brennkraftmaschine mit Kompressionszündung auch in unteren Drehzahl- und Lastbereichen ermöglicht. Der mit Kompressionszündung gefahrene Betriebsbereich wird somit vergrößert, so dass weiterhin verbesserte Abgasemissionen beispielsweise bei Leerlauf erzielt werden können.

Gemäß Fig. 2 werden während der Einbringung der zusätzlichen Verbrennungsluftmenge und/oder der zusätzlichen Kraftstoffmenge zuerst das Auslassventil und dann das Einlassventil geöffnet. Dabei werden die Öffnungs- bzw. die Schließzeitpunkte des Einlassventils E_z durch die benötigte zusätzliche Frisch- bzw. Verbrennungsluftmenge definiert. Aufgrund des herrschenden Ladedruckes P_s im Ansaugkanal der Brennkraftmaschine wird das Zurückströmen von Frischgas bzw. Abgas aus dem Brennraum in den Ansaugkanal verhindert.

Die Einbringung der zusätzlichen Kraftstoffmenge m_z kann mittels einer Kraftstoffdirekteinspritzung in den Brennraum vorgenommen werden, wobei eine Kraftstoffeinbringung im Ansaugkanal der Brennkraftmaschine ebenfalls vorgenommen werden kann. Das Einlassventil E_z wird dann geöffnet, wenn der Druck im Brennraum unter dem Ladedruck P_s im Ansaugrohr gesunken

ist. Dabei strömt dann die zusätzliche Verbrennungsluft aufgrund eines Druckgefälles zwischen dem Ansaugrohr und dem Brennraum, wobei gleichzeitig der Kraftstoff mittels einer Direkt- oder Kanaleinspritzung in den Brennraum eingebracht wird. Das Auslassventil A_z wird dann wieder geschlossen, bevor der eingespritzte Kraftstoff über das geöffnete Auslassventil A_z in den Abgaskanal strömen kann. Kurz darauf wird dann das Einlassventil E_z wieder geschlossen, so dass der Kolben die zusätzliche frische Brennraumladung nicht in den Einlasskanal ausschieben kann. Über den Schließzeitpunkt des Auslassventils A_z wird eine definierte Restgasmenge im Brennraum zurückgehalten, die das Temperaturniveau im Brennraum bestimmt. Die Anhebung der Brennraumtemperatur wird durch die zusätzliche Kraftstoffmenge m_z bestimmt bzw. durch die umgesetzte Energie während der Zusatzverbrennung Z_v beeinflusst.

Die dem Brennraum zugeführte zusätzliche Verbrennungsluftmenge wird über den Schließzeitpunkt des Einlassventils E_z und über den Ladedruck P_s definiert. Nach der Bildung des Zusatzgemisches beginnt der Kolben beim Hochfahren zum Gaswechsel-Totpunkt GOT, das Zusatzgemisch zu verdichten, so dass am Ende der Kompression durch eine Verdichtungsendtemperatur und durch die Temperatur des zurückgehaltenen Abgases zu einer Selbstzündung des Zusatzgemisches kommen wird. Es ist denkbar, dass das Zusatzgemisch lastabhängig fremdgezündet wird. Insbesondere im Startbetrieb kann eine solche Fremdzündung sinnvoll sein. Der Brennraumdruck P_z steigt im Brennraum derart an, dass der Kolben während des Ansaugtaktes ebenfalls Arbeit verrichtet. Im anschließenden Ansaugtakt wird das Einlassventil E_H geöffnet und die Hauptverbrennungsluftmenge sowie die Hauptkraftstoffmenge m_H dem Brennraum zugeführt. Im Bereich des oberen Zündtotpunkts ZOT findet dann nach der Verdichtung des Hauptgemisches die Hauptverbrennung HV statt.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann die Brennkraftmaschine im wesentlichen bei allen Lastpunkten bzw. Lastbereichen mit Kompressionszündung betrieben werden, ohne dass es

zu Zündaussetzern kommt. Durch die Anhebung der Temperatur im Brennraum beim oberen Gaswechsel-Totpunkt GOT wird sichergestellt, dass in jedem Verbrennungszyklus eine Verbrennung mit Kompressionszündung stattfinden kann.

Es ist denkbar, dass das erfindungsgemäße Verfahren anstatt der Abgasrückhaltung mit einer Abgasrückführung durchgeführt wird. Dabei wird mittels eines nicht dargestellten Abgasrückführventils Abgas aus dem Abgasauslasskanal in den Einlasskanal zurückgeführt, so dass eine bestimmte Grundgemischtemperatur einstellbar ist. Alternativ kann die Abgasrückführung intern erfolgen. Dabei wird während des Ausschiebetakts über das geöffnete Einlassventil das Abgas zum Teil in den Einlasskanal ausgeschoben und dann mit der angesaugten Verbrennungsluft während des Ansaugtakts wieder in den Brennraum angesaugt. Des Weiteren kann die Abgasrückführung intern derart erfolgen, dass während des Ausschiebetakts das Abgas vollständig in den Auslasskanal ausgeschoben und dann während des Ansaugtakts über das geöffnete Auslassventil zum Teil wieder in den Brennraum angesaugt wird. Dabei wird nach oder während des Schließvorgangs des Auslassventils das Einlassventil geöffnet.

Es ist weiterhin denkbar, dass kurz vor dem Gaswechsel-Torpunkt GOT mittels der Direkteinspritzung zusätzlich oder alternativ eine Ladungsschichtung erfolgt, die mittels einer Zündquelle gezündet wird. D.h., im Bereich des Gaswechsel-Totpunkts wird eine zweite zusätzliche Kraftstoffmenge in den Brennraum derart eingebracht, dass innerhalb des Zwischengemisches eine zündfähige Gemischwolke im Bereich einer Zündquelle gebildet wird. Die mit der zweiten zusätzlichen Kraftstoffmenge gebildete Gemischwolke wird mittels der Zündquelle gezündet, wobei das im Brennraum vorliegende magere Zwischengemisch durch die Verbrennung der mit der zweiten zusätzlichen Kraftstoffmenge gebildeten Gemischwolke nachfolgend zu einer Selbstzündung veranlasst wird. Alternativ kann die mit der zweiten zusätzlichen Kraftstoffmenge gebildete

Gemischwolke mittels der Zündquelle derart gezündet werden, dass die dabei eingeleitete Verbrennung ebenfalls das im Brennraum vorliegende Zwischengemisch ohne Selbstzündung erfasst.

Es ist weiterhin denkbar, einen Kraftstoffinjektor zu verwenden, über den eine Luftmenge und die Kraftstoffmenge eingebracht werden. Dabei werden die Luft und der Kraftstoff durch die Einspritzvorrichtung vermischt und danach durch den Kraftstoffinjektor in den Brennraum eingeblasen. Des Weiteren kann der Kraftstoffinjektor als eine Zündquelle dienen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer aufgeladenen Brennkraftmaschine mit einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung, einem Zylinder, einem Zylinderkopf, einem Kolben und einem zwischen dem Zylinderkopf und dem Kolben begrenzten Brennraum, bei dem
 - dem Brennraum eine Hauptverbrennungsluftmenge und eine Hauptkraftstoffmenge zugeführt werden, mit denen ein Hauptgemisch gebildet wird, und
 - das gebildete Hauptgemisch in einem Bereich eines oberen Zünd-Totpunkts gezündet wird,d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 - dass nach der Verbrennung des Hauptgemischs eine zusätzliche Verbrennungsluftmenge und eine zusätzliche Kraftstoffmenge in den Brennraum derart eingebracht werden,
 - dass ein Kraftstoff-Abgas/Luft-Gemisch gebildet wird,
 - welches in einem Bereich eines oberen Gaswechsel-Totpunkts des Kolbens umgesetzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1
 - d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 - dass die zusätzliche Kraftstoffmenge in einem Bereich zwischen dem Ende eines Expansionshubes des Kolbens und einem Endteil eines Ausschiebehubes des Kolbens in den Brennraum eingebracht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2
 - d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 - dass die zusätzliche Frischluftmenge in einem Bereich zwischen einem Endteil des Expansionshubes und einem Endteil des Ausschiebehubes dem Brennraum zugeführt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass während der Einbringung der zusätzlichen Frischluft-
menge und/oder der zusätzlichen Kraftstoffmenge mindes-
tens ein Auslassventil und mindestens ein Einlassventil
geöffnet werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass während der Einbringung der zusätzlichen Frischluft-
menge und/oder der zusätzlichen Kraftstoffmenge zuerst
das Auslassventil und dann das Einlassventil geöffnet
werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass mittels der Kraftstoffeinspritzvorrichtung eine
Kraftstoffeinspritzung in ein Saugrohr der Brennkraftma-
schine oder in den Brennraum direkt vorgenommen wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Brennkraftmaschine mit einem Verdichtungsver-
hältnis zwischen 8 und 16, insbesondere zwischen 8 und 13
betrieben wird.

1/1

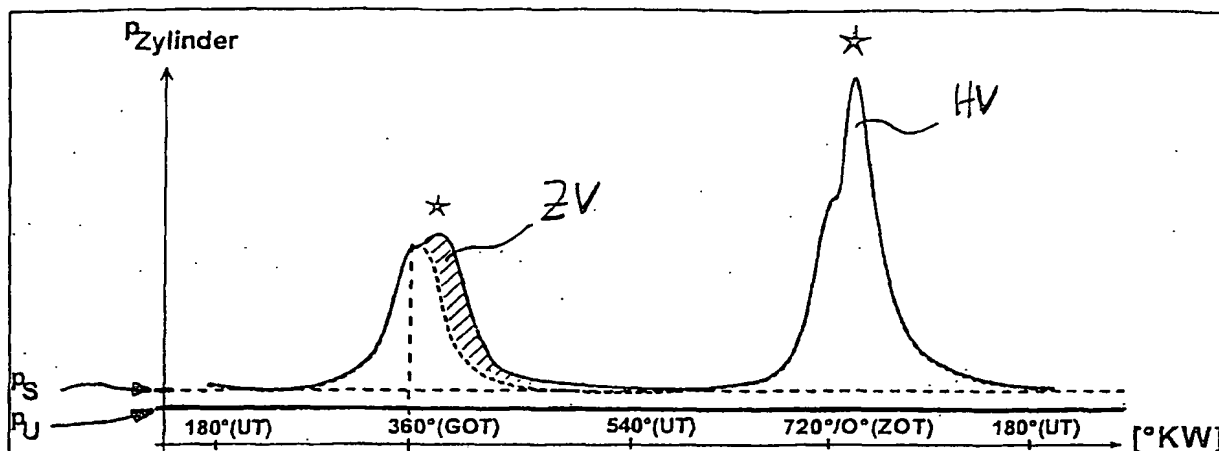


Fig. 1

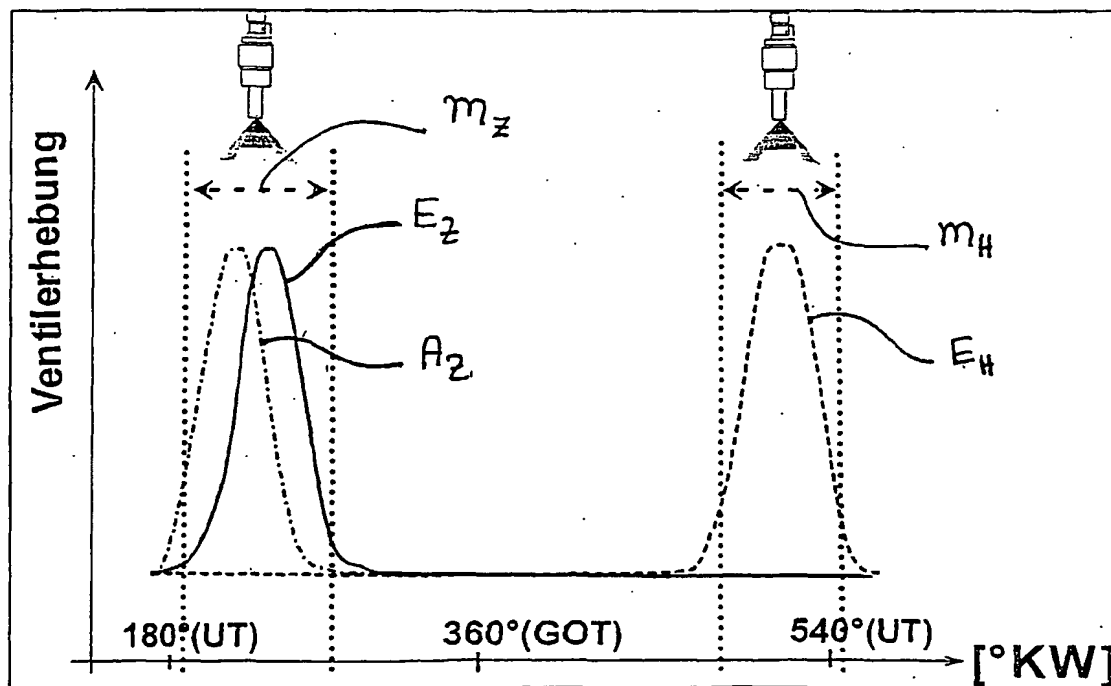


Fig. 2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/10660

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F02D41/00 F02D13/02 F02D41/40

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 234 960 A (FUJI HEAVY IND LTD) 28. August 2002 (2002-08-28) Spalte 2, Zeile 20 - Zeile 46 Spalte 4, Zeile 33 - Zeile 48; Abbildung 4B ---	1-7
X	EP 0 610 222 A (CATERPILLAR INC) 17. August 1994 (1994-08-17) Spalte 3, Zeile 36 - Spalte 4, Zeile 1 Spalte 4, Zeile 49 - Spalte 5, Zeile 1 Spalte 5, Zeile 17 - Zeile 26 Spalte 8, Zeile 31 - Zeile 48 Abbildung 4 --- -/-	1-7

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. Dezember 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/01/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Wettemann, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 03/10660

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
P,X	GB 2 374 633 A (LOTUS CAR) 23. Oktober 2002 (2002-10-23) Zusammenfassung Seite 2, Zeile 31 -Seite 4, Zeile 14 Seite 13, Zeile 6 -Seite 14, Zeile 21 Seite 16; Ansprüche 6-8 Seite 19; Ansprüche 1-5 ---	1-7
X	DE 198 10 935 A (DAIMLER CHRYSLER AG) 16. September 1999 (1999-09-16) in der Anmeldung erwähnt	1-3,6
A	Spalte 1, Zeile 30 -Spalte 2, Zeile 51 Spalte 4, Zeile 13 - Zeile 56 Spalte 5, Zeile 3 - Zeile 66 Abbildung 3 ---	4,5,7
Y	GB 1 297 678 A (MYERS, PHILLIP SAMUEL ET AL.) 29. November 1972 (1972-11-29) Seite 3, Zeile 122 -Seite 4, Zeile 67 Seite 6, Zeile 65 -Seite 7, Zeile 102 Abbildungen 1,3-6 ---	1-7
Y	EP 1 134 398 A (NISSAN MOTOR) 19. September 2001 (2001-09-19) Spalte 1, Zeile 52 -Spalte 2, Zeile 7 Spalte 12, Zeile 19 -Spalte 14, Zeile 15 Abbildungen 4A-G,5-7 -----	1-7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationale Aktenzeichen

PCT/EP 03/10660

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1234960 A	28-08-2002	JP 2002256911 A	11-09-2002
		EP 1234960 A2	28-08-2002
		US 2002117126 A1	29-08-2002
EP 0610222 A	17-08-1994	US 5117790 A	02-06-1992
		BR 9106686 A	22-06-1993
		DE 69132728 D1	18-10-2001
		DE 69132728 T2	11-07-2002
		EP 0610222 A1	17-08-1994
		JP 2954350 B2	27-09-1999
		JP 5505663 T	19-08-1993
		AU 639399 B2	22-07-1993
		AU 7772991 A	15-09-1992
		CA 2073329 A1	20-08-1992
		EP 1096114 A2	02-05-2001
		WO 9214919 A1	03-09-1992
		US 5205152 A	27-04-1993
GB 2374633 A	23-10-2002	WO 02086297 A1	31-10-2002
DE 19810935 A	16-09-1999	DE 19810935 A1	16-09-1999
		WO 9947797 A1	23-09-1999
		EP 1062412 A1	27-12-2000
		US 6499458 B1	31-12-2002
GB 1297678 A	29-11-1972	DE 2012812 A1	07-01-1971
		FR 2052281 A5	09-04-1971
		US 3625189 A	07-12-1971
		US 3507261 A	21-04-1970
EP 1134398 A	19-09-2001	JP 2001207887 A	03-08-2001
		EP 1134398 A2	19-09-2001
		US 2001015192 A1	23-08-2001

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINE(S) OR MARK(S) ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.